

(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

PUB. NO.: 60-174078 [JP 60174078 A]
PUBLISHED: September 07, 1985 (19850907)
INVENTOR(s): TOKUSHIMA AKIRA
APPLICANT(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [000582] (A Japanese Company
or Corporation), JP (Japan)
APPL. NO.: 59-028986 [JP 8428986]
FILED: February 17, 1984 (19840217)
INTL CLASS: [4] H02N-002/00
JAPIO CLASS: 43.1 (ELECTRIC POWER -- Generation)
JAPIO KEYWORD: R005 (PIEZOELECTRIC FERROELECTRIC SUBSTANCES)
JOURNAL: Section: E, Section No. 374, Vol. 10, No. 11, Pg. 64, January
17, 1986 (19860117)

PURPOSE: To enhance the responsiveness with a simple structure by using the space wave of high efficiency for exciting a piezoelectric ceramic vibrator as a drive force.

?

1/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

004433243

WPI Acc No: 1985-260121/198542

**Piezoelectric oscillating motor - has stator composed of stacked
piezoelectric vibrator group, rotor connected to face of stator.**

NoAbstract Dwg 4/11

Patent Assignee: MATSUSHITA ELEC IND CO LTD (MATU)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 60174078	A	19850907	JP 8428986	A	19840217	198542 B

Priority Applications (No Type Date): JP 8428986 A 19840217

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 60174078	A		18		

Title Terms: PIEZOELECTRIC; OSCILLATING; MOTOR; STATOR; COMPOSE; STACK;

PIEZOELECTRIC; VIBRATION; GROUP; ROTOR; CONNECT; FACE; STATOR; NOABSTRACT

Derwent Class: V06

International Patent Class (Additional): H02N-002/00

File Segment: EPI

?

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-174078

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)9月7日

H 02 N 2/00

8325-5H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 圧電モータ

⑯ 特 願 昭59-28986

⑰ 出 願 昭59(1984)2月17日

⑱ 発 明 者 徳 島 晃 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

⑲ 出 願 人 松下電器産業株式会社 門真市大字門真1006番地

⑳ 代 理 人 弁理士 中尾 敏男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

圧電モータ

2. 特許請求の範囲

(1) 少なくとも1対の領域に分割されその各領域の分極方向が交互に逆転しているよう構成された2枚の圧電振動子を、対向する領域の分極方向が互に異なるように重ねて1組と成し、同様に構成した他の1組の圧電振動子を、その一方における前記各領域の中央部近傍に他方の圧電振動子の前記各領域の境界が位置するよう重ねて配置した圧電振動子群を備えて構成した固定子と、その固定子と面接触をなす摺動子とを具備することを特徴とする圧電モータ。

(2) 固定子が、摺動子と圧電振動子との間に介在するよう配置された振動伝達部材を備えていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の圧電モータ。

(3) 振動伝達部材の位置が、固定子の縦方向位最大近傍に設けられたことを特徴とする特許請求の

範囲第2項記載の圧電モータ。

(4) 振動伝達部材の摺動子当接面に、複数の深さ数 μm ~数 mm の溝を有する特許請求の範囲第2項記載の圧電モータ。

(5) 振動伝達部材の厚みが、圧電振動子と同等ないし1.00倍程度であることを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の圧電モータ。

(6) 2組の圧電振動子が、所定の周波数の電圧を互いに位相をずらして印加されることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の圧電モータ。

(7) 摺動子が、固定子側に位置する弾性体とそれに結合された音響材料とからなることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の圧電モータ。

(8) 両圧電振動子の分割が等分であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の圧電モータ。

(9) 両圧電振動子が円板形であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の圧電モータ。

(10) 固定子の中心部に軸を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の圧電モータ。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は圧電体を用いて駆動力を発生するモータに関する。

従来例の構成とその問題点

近年圧電セラミックス等の電気-機械変換子を用いて種々の超音波振動を励振することにより、回転あるいは走行運動を得る圧電モータが高いエネルギー密度等を有することから注目されている。

以下に図面を参照しながらこれらの超音波振動を利用した従来の圧電モータについて説明する。

第1図は日経メカニカル(58, 2, 28)などに掲載された従来の圧電モータの一例であり、弾性リング1の表面に圧電素子リング2を貼合させて一体化している。前記圧電素子リング2は第2図に示すように、リングを周方向に例えば 22.5° あるいは 11.25° の分割比により17個の領域に分割して電極をつけ分極している。分極の方向は隣り合う領域で逆方向とする。その後、圧電素子表面を導電塗料で覆い電極を斜線で示すように2つにまとめる。Bはアース端子である。前記弾性

リング1の厚み程度と長くなり、弾性体の曲げ振動を利用すると波長を数mmにできるので接触点となる頂点を数個に増すことができる。弾性表面波のレイリー波による駆動原理を、弾性体の一部領域の曲げ振動を用いて波を伝播し、弾性体表面に楕円軌跡を与えることで実現している。この表面波形圧電モータは、接触点となる波の頂点が常に動体と接触しているので動体の速度は、頂点速度と等しい。また出力トルクの大きさは、接触面積と負荷々重と接触部の摩擦係数によりもとまる。またこの圧電モータは、2相・3相モータと同じ原理で移相のずれた電源により、容易に回転方向を切り換えることができる。

しかしながら、上記のような構成においては、以下のような欠点が存在する。

(1) ヤング率の大きい弾性体を繰り返し曲げるためにエネルギーが消費されて、発熱を誘起することになりきわめてリニアリティが悪い。加えて約 $0.25\mu\text{m}$ 以下という微小振幅から推力を取り出すために、動体は、ステータにおける

リング1の上部にはスライダ3を固着された動体4が位置している。

以上のように構成された圧電モータについてその動作を以下に説明する。前記圧電素子2の片側の電極Cに $V_0 \sin \omega t$ 、他方の電極Dに $V_0 \cos \omega t$ の交流信号をそれぞれ加える。すると分割した領域が交互に周方向に伸縮し、弾性体1に曲げ振動が発生する。第3図は動体と弾性体の接触状況を拡大して描いたもので、表面波に伴う粒子の楕円運動として周知である(たとえば御子柴宣夫著「音波物性」昭和48年三省堂社発行を参照)。弾性体の表面上の1つの点Aに着目すると、点Aは長軸 $2w$ 、短軸 $2u$ の楕円状の軌跡を描いている。弾性体が動体と接触する頂点で、点Aはx軸の負の方向に $V = 2\pi fu$ の速度を持つ。この結果、動体は弾性体との摩擦力で波の進行と逆方向に速度Vで駆動される。このように弾性体の表面に推力としての楕円軌跡を描かせるには弾性表面波のレイリー波か、または弾性体の曲げ振動を利用することが考えられる。弾性表面波では例えば波長が

発生スピードがそれぞれ異なる振幅の山や谷にも一様に接触しており、動体速度は積分値にちかい低スピードになっている。このため実用的なトルク、回転数等を得るためには、従来モータの10~100倍程度という大電力を必要とした。

(2) 表面波形圧電モータ実駆動時の振動振幅は、最大で縦方向成分が約 $0.5\mu\text{m}$ 、推力となる横方向成分が約 $0.25\mu\text{m}$ となっており、推力に必要な振動の発生エネルギーに比べて、無効となるエネルギーが約2倍以上消費されており、電力効率のきわめて悪い構造となっている。

(3) 上記従来の表面波形の圧電モータは、ドライブ電極が2組に別かれており、C電極の励起した波がD電極に伝播されるか、反対にD電極の励起した波がC電極に縦波成分と横波成分を持つ波として伝播されて、弾性体の表面に楕円軌跡を発生する。このような駆動原理に起因して、有効駆動面積は常に50%と低い。このため弾性リングは無限自由振動系になり、不要な

リング面内高次モードが同時に励振されて、耳ざわりな可聴域騒音の発生源となっている。また表面波デバイスの構成を駆動原理としているので、ステータがエンドレス構成にならざるを得ず、きわめて設計範囲が狭い。

(4) 全面積の半分は常に強制励振々動子として機能するが、他の面積は無限自由振動系として開放されるので、特に実駆動時レベルの重負荷では顕著にたて方向歪の分布が不均一となり回転ムラを生じる。

発明の目的

本発明の目的は、上記諸種の欠点を解決するために、圧電セラミック振動子の励起する高効率な空間波に着目し、これを駆動力とすることによってきわめて能率のよい実用的な圧電モータを提供することにある。

発明の構成

本発明による圧電モータは、4つの圧電振動子と音響材料とを含みそれらが厚み方向に重ねられた固定子と、その固定子に対して厚み方向に重ね

個の電極11a, 12aが設けられている。この電極11a, 12aは銀、銀パラジウム、ロジウムあるいはニッケルなどの導電材料を用いて、第1圧電振動子11, 12の表面に印刷、蒸着あるいはメッキなどの方法により形成されている。裏面に具備される電極(図示せず)は前記表面電極と同様に分割されても、されていなくとも良い。以上のように構成された第1圧電振動子11, 12の相隣合う電極毎に、板厚方向に分極方向が互に異なるようにして分極を行なう。この結果第4図において示すように互い違いにプラス極性あるいはマイナス極性を有する領域からなる8極、4組の強制励振振動子が構成される。電極11a, 12aは、分極後は分割されている必要はなく、一括して電圧を印加できるように接続される。円板形状の第2圧電振動子13及び14も第1圧電振動子11, 12と同様の構造であり、互い違いにプラス極性あるいはマイナス極性を有する8極、4組の強制励振振動子が構成されている。

前記第1圧電振動子11, 12あるいは第2圧

られて面接触する摺動子とを備えている。前記4つの圧電振動子は摺動子移動方向に分割された一対もしくは複数対の分割領域からなる厚み方向分極を有し、それらの分極は隣接する領域においては互いに方向が逆である。前記4つの内の2つを、分極方向が互に異なる領域が対向するように重ねて一対とし、同じものを2組つくる。前記構成からなる2組の圧電振動子は、一方の各分極領域の境界近傍が他方の各分極領域の中央近傍に位置するように配置される。以上のような構成の圧電振動子を、互いに位相のずれた所定の強制励振周波数の電圧で駆動すると、両圧電振動子による固定子の合成振動はその最大振幅位置が時間とともに一定方向に移動するものとなり、その頂点に接する摺動子はその方向の駆動力を受ける。

実施例の説明

本発明の実施例の詳細について図面を用いて説明する。固定子は例えば第4図に示すような構造を有する。円板形状の第1圧電振動子11及び12の表面には例えば45°毎の領域に分割された8

電振動子13, 14の最小振幅位置は、各々相隣合う電極どうしの境界位置近傍となり、最大振幅位置は各々の電極の中央近傍位置となる。そして、両圧電振動子11, 12, 及び13, 14は、第1圧電振動子11, 12の最大振幅位置となる電極中央近傍に、第2圧電振動子13, 14の最小振幅位置となる相隣合う電極どうしの境界が位置するよう重ね合わされている。

以上のように構成された電1圧電振動子11, 12及び第2圧電振動子13, 14は、それぞれの電気端子である金属薄板15, 16, 17と共に重ね合わせて貼り合わされる。さらに圧電振動子の最上部には、振動伝達部材であるリブ18及び結合軸19が重ね合わせて取付けられている。部材のリブ18は、アルミニウム、黄銅、鉄、ステンレス、焼入鋼あるいはナイロン等の合成樹脂材料、セラミック材料、ガラス材料、ゴム材料あるいはそれらを複合化した複合材料等からなる音響材料あるいは摩擦材料等を用いて形成されている。

またリブ18は圧電振動子11と一体構造体として形成されることもある。結合軸19についても同様の構造あるいは音響材料を用いて形成されている。

以上のように構成したものを第5図において示す固定子20として用いる。第5図に示すように、固定子20により定まる強制励振駆動周波数にて発振器21により発振された出力信号を分岐し、一方を直接増幅器22に、他方を移相器23を介して増幅器24に入力する。前記移相器23では後述するような正方向回転あるいは逆方向回転に使用する $\pm 10^\circ$ ないし $\pm 170^\circ$ の範囲で位相シフトした信号が整形される。前記発振器21の出力信号を直接増幅器22に入力して増幅した信号をリード線25及び26により第1圧電振動子11, 12に印加する。それにより固定子20には、第1圧電振動子11, 12の分極方向が互に異なるプラス極性あるいはマイナス極性を有する領域の一对を1波長として8極、4組の強制励振振動子に対応する4波長の強制励振波が発生され

中央近傍位置となっている。

次に第1圧電振動子11, 12及び第2圧電振動子13, 14を第4図及び第5図に示した構成により同時に駆動したときの測定結果を第6図aに示した。たて方向の歪の分布において、aとbとの中間位置に振幅が最大を示す位置が移動している。またたて方向歪の最大振幅は約1.3倍程度に大きくなっている。ここで、前述のように第2圧電振動子13, 14は第1圧電振動子に対して $\pm 10^\circ$ ないし $\pm 170^\circ$ 位相シフトして駆動されるため、合成波Cの最大振幅位置は、時間とともに一定方向に移動する。

固定子20の上には、摺動子29が当接している。摺動子29は、摩擦材料あるいは弾性材料等からなる弾性体30とそれに結合された音響材料31から構成される。

上述のように固定子20を駆動すると、固定子20における摺動子29に面する側の振動の頂点が摺動子29に接触し、しかもその頂点が時間とともに移動するため、摺動子29には横方向成分

る。第2圧電振動子13, 14も増幅器24の出力をリード線27, 28を介して印加することにより同様に駆動される。

第6図に第1圧電振動子11, 12及び第2圧電振動子13, 14に電気信号を印加したときの、たて方向の歪を、最大直径に対して70%程度の位置での周方向位置に対する変化として測定した結果を示す。測定は測定個所にHe-Neガスレーザ光を照射し、入射光と反射光との干渉法を用いて測定した。第6図aにはリード線25及び26に信号を印加して第1圧電振動子11, 12を駆動したときの測定結果を示した。50V印加時 $\pm 0.8\mu\text{m}$ 程度の振幅を示した。最小振幅位置は各々相隣合う電極と電極の境界位置近傍となり、最大振幅位置は各々の電極の中央近傍位置となっている。同様にして第2圧電振動子13, 14を駆動した場合に測定したたて方向歪の結果を第6図bに示した。50V印加時 $\pm 0.8\mu\text{m}$ 程度の振幅を示した。最小振幅位置は各々相隣合う電極の境界位置近傍となり、最大振幅位置は各々の電極の

を有する力が加えられることになる。かくして摺動子29は、固定子20により定まる駆動周波数により横方向成分による位置移動を繰り返す結果、ほぼ1分間に数回転ないし1千回転程度の範囲での回転運動を得ることができる。発生トルクは固定子を構成するところの音響材料及び固定子等と面接触をなす摺動子の摩擦係数及び接触面積あるいは受ける荷重の大きさ等により変化するが、数拾 $gf\cdot\text{cm}$ から数千 $gf\cdot\text{cm}$ の範囲のトルクを得ることができた。また回転の方向については、基準信号に対して $+10^\circ$ ないし $+170^\circ$ の範囲で位相シフトした信号を第2圧電振動子に印加して駆動したときに得る回転を例えば正方向回転とすると、基準信号に対して -10° ないし -170° の範囲で位相シフトした信号を同時に印加して駆動したときに得る回転方向は逆方向の回転となる。また回転数は印加信号の大きさあるいは位相、あるいは接触部の受ける荷重等の大きさを選ぶことにより任意に選定可能である。

さらに第4図及び第5図に示した構成によると、

従来方式のヤング率の大きい金属を歪ませるといふ重負荷が解消される。さらにそれぞれの圧電振動子がアクティブな、並列型のバイモルク構造となっているために、一定電圧による駆動では機械的な変位は2倍となっている。また静電容量は4倍となり交流インピーダンスは $\frac{1}{4}$ に減少するので、有効駆動が実現できる。また印加時の高い発熱がおこらずに、きわめてリニアリティの良い圧電モータが実現できる。さらに有効駆動面積が常に100%となるので不要振動や騒音及び回転ムラを生じることがない。

第7図には、固定子20に電気信号を印加した駆動時のたて方向の歪を、仮想線にて示す固定子20の断面方向に対する変化として測定した結果を示す。測定は周方向の測定と同様に、レーザ光による干渉法を用いて測定した。50V印加時、第4図において示したリブ18近傍において $1.8\mu\text{m}$ 程度の最大振幅を示した。振幅の移相折り返し点いわゆる振動の節は、直径を100%とすると、80~85%の位置となりほぼ直線的に変化

しており終端は $2.5\mu\text{m}$ 程度の振幅となった。後述する第11図において示したように、固定子20の下部には、緩衝体33が設けられる。固定子20は前記緩衝体33を基体として第7図に示すように湾曲するので、みかけ上振幅が拡大される効果を得る。また支持位置を振動の節近傍とすると、より損失の少ないドライブが実現できる。この結果リブ18において摺動子29の推力となる横方向成分が増して、前記摺動子29がきわめて能率よく一定方向に駆動される。

第8図に、本発明による圧電モータの駆動電圧と回転数の関係を示した。aに比較のため、従来の表面波形圧電モータの特性を示した。bは、本発明による圧電モータのリブ無しにおける特性、cは、本発明による圧電モータのリブの上下方向長さが2mmの場合の特性、dは、本発明による圧電モータのリブの上下方向の長さが4mmの場合の特性をそれぞれ示している。このように固定子の部材のリブ18の上下方向長さを変化させることにより、所望の走行スピードを得ることができた。

これらのことから本発明による圧電モータがきわめて能率のよいことわかる。第8図において、最大スピードが360rpmとなっているが、直径を大きくした試作機あるいは前記リブ18の直径を小さくしたモデルなどでは、1000rpm程度のスピードが測定できた。またこのときの消費電力は、従来の圧電モータに比べて $1/10 \sim 1/100$ 程度となった。さらに電力効率もDCマイクロモータ等よりも比較的良好な値となった。

第9図に、固定子の部材のリブ8の構成の1例を示した。リブ18の摺動子29との当接面には、前記摺動子29の移動方向と直交する方向となる径方向に、深さ数 μm ~数mm程度の複数個の、例えば 1° あるいは数 10° 度おきにエッチングあるいは機械加工されたナイフエッジの溝32が設けられている。リブ18及び摺動子29の回転摩擦による析出粉を、溝32によりクリーニングする効果が得られる析出粉は前記溝32の内を案内されて外部に運ばれる。この結果前記リブ18及び摺動子29の両接触面は初期の摩擦係数及び接触面

積を維持することができ、発生するトルクは常に一定となった。

第10図に、リブ18と、摺動子29の弾性体30の材質を変えた時の動作時間の変化を示す。aは、石綿等をゴム系バインダーにより複合化した材料により弾性体30を構成した場合の動作時間を示している。bは、リブ18の材料として焼入鋼等の構造用材料を用いたときの動作時間を示している。cは、パルプやシリカ等を合成樹脂系バインダーにより複合化した材料により弾性体30を構成した場合の動作時間を示している。dは、第9図に示したように、リブ18に回転摩擦による析出粉をクリーニングするナイフエッジの溝を設けたときの動作時間を示したものであり、約1000時間以上の回転実績においても初期特性を保証できる。

第11図に、第4図及び第5図に示したような固定子等を用いた圧電モータのより具体的な一実施例を示す。第6図と同様の部分については同一番号を付した。リード線25, 26, 27, 28

を付与された固定子20は、緩衝体33を介してフレーム(図示せず)に振動自由に装着されている。固定子20の上には、結合軸19に挿入されたベアリング等から成る軸受34を介して摺動子29が当接している。押圧力調整ネジ35は結合軸19の上端部に装着され、これを締め付けると、菊形板パネ36が撓み、任意の押圧力で前記固定子20と前記摺動子29を当接させることができる。この結果数拾 $gf \cdot cm$ から数千 $gf \cdot cm$ の範囲のトルクを得ることができた。また摺動子29の上には、固定リング37が固着されており、仮想線で示したガイドリング38との間に被回転体を挟み込むことにより、被回転体に回転が伝達される。

以上の構成から成る圧電モータは見掛けの収納面積を感じさせないばかりか駆動信号の位相を変化させるだけで正転・逆転駆動が任意に可能となり、かつ約1000rpm以内の低・中速回転において数千 $gf \cdot cm$ 程度内のトルクが発生できる。また回転数は印加信号の大きさあるいは位相、あるいは接触部の受ける荷重等の大きさあるいはリブ

の長さなどを選ぶことにより約1000回転程度迄任意に選定可能である。したがって減速機等が全く不要である。かつ常に接触摩擦対偶をなすので慣性モーメントが無く、微小なパルス動作性に富むうえにコンパクト性に優れている。また構造が至って簡単であるので低価格である。

発明の効果

以上のように本発明による圧電モータは、固定子4個の圧電振動子を備え、それらの圧電振動子は摺動子移動方向において交互に分極の向きの逆転した少くとも一対の領域に分割されるとともに、互いに分極方向が異なるように重ねられた対を2組構成し、両組は互いにほぼ半領域ずらして配置され、その固定子に摺動子が当接させられた構成であり、両圧電振動子に互いに位相のずれた所定周波数の電圧を印加することにより、一定方向に移動する振動波が固定子中に発生し、摺動子が駆動されるものである。したがって極めて簡単な構造でモータを構成することができ、小型で応答の早いモータを実現することができる。

しかも、圧電振動子の前記のような対は、アクティブな並列型のバイモルフ構造により、推力となる横方向成分を得る構造となっているために、一定電圧では、機械的変位が2倍となり、かつ断面方向の撓みの全域を出力しているので、スピードが平均化されずにピーク速度を取り出すことが可能である。

4、図面の簡単な説明

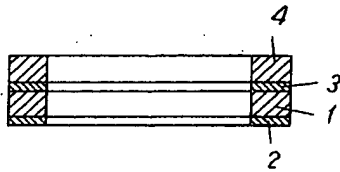
第1図及び第2図は各々従来例の圧電モータの構成を示す断面図及び平面図、第3図はその動作を示す斜視図、第4図は本発明の一実施例における圧電モータの固定子の分解斜視図、第5図は同固定子を用いた圧電モータの概要とその駆動回路を示す断面図、第6図及び第7図は第5図の圧電モータ固定子における歪分布を示す図、第8図は本発明による圧電モータの駆動電圧に対する回転数の特性を示すグラフ、第9図は同モータの固定子要部の斜視図、第10図は同モータの動作時間特性を示すグラフ、第11図は本発明の一実施例における圧電モータのより具体的な構造を示す一

部断面で示した正面図である。

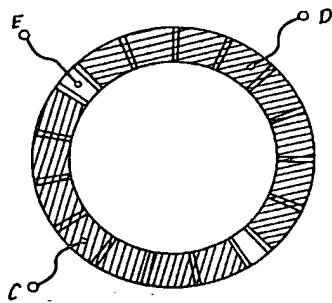
11, 12, 13, 14……圧電振動子、11a, 12a……電極、15, 16, 17……金属薄板、18……リブ、20……固定子、29……回転子、21……発振器、23……移相器、22, 24……増幅器。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

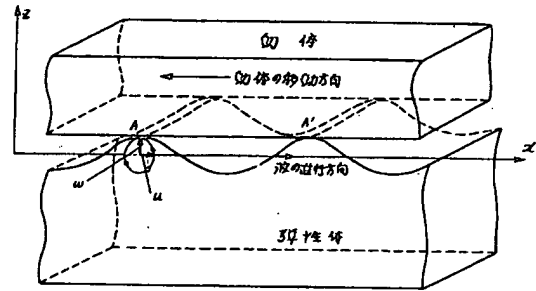
第 1 図



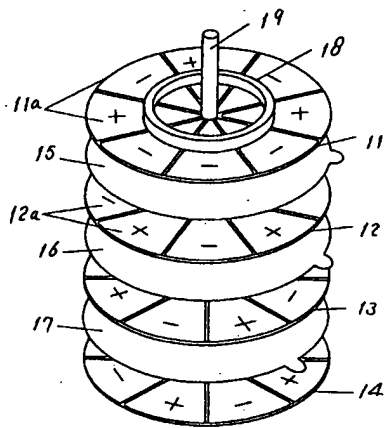
第 2 図



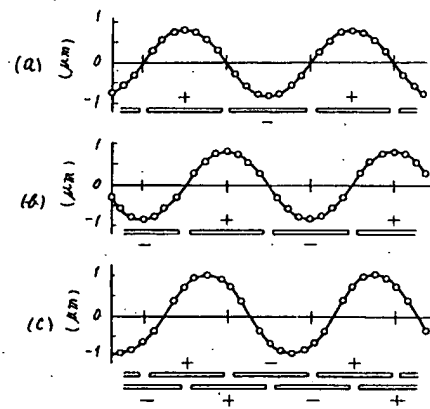
第 3 図



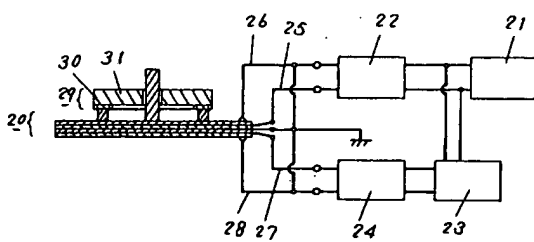
第 4 図



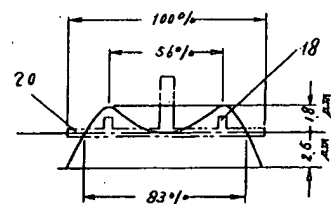
第 6 図



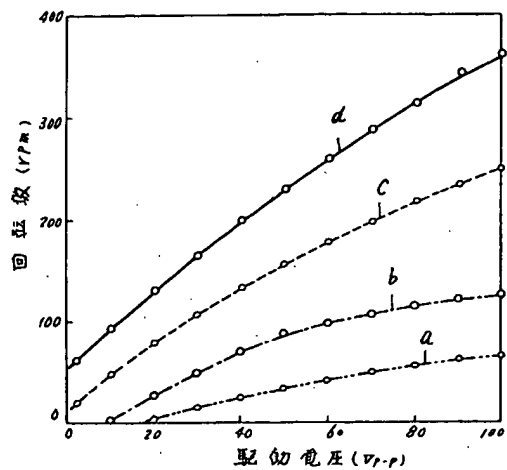
第 5 図



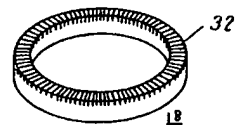
第 7 図



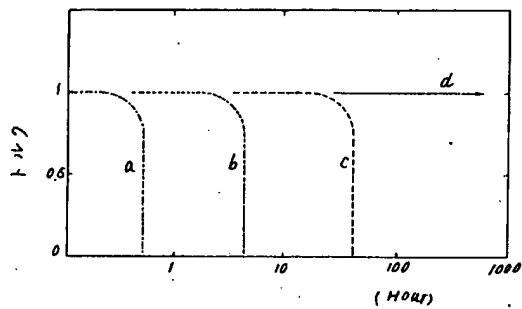
第 8 図



第 9 図



第 10 図



第 11 図

